

锦江翘嘴鲌的繁殖生物学特征

李忠利^① 冉辉^① 杨马^② 罗鹏^①

① 铜仁学院农林工程与规划学院 铜仁 554300; ② 成都市农林科学院 成都 611130

摘要: 对 2015 年 1 月至 12 月采集于锦江的翘嘴鲌 (*Culter alburnus*) 进行了繁殖生物学特征的研究。锦江的翘嘴鲌繁殖期集中在 6~7 月, 属分批产卵类型。繁殖群体年龄在 3⁺ 龄至 6⁺ 龄之间, 体长 250~537 mm, 体重 184.9~2 587.5 g。雌雄性比 1.14:1, 体表差异表现在泄殖孔和腹部膨胀程度, 雌雄群体间体长-体重关系存在显著性差异 ($0.01 < P < 0.05$)。性成熟雌鱼绝对繁殖力 25 067~54 274 粒, 相对繁殖力 24.2~36.9 粒/g, 平均卵径 (1.1 ± 0.3) mm。性成熟系数在 1~5 月份逐渐增大, 6 月明显上升, 7 月达到最高峰, 8 月显著下降, 9~12 月逐渐趋于平缓。采用 Logistic 方程推算了初次性成熟个体特征, 雄性体长 273 mm, 体重 192.0 g, 年龄 3.4 龄; 雌性体长 311 mm, 体重 249.4 g, 年龄 4.2 龄。锦江种群繁殖期与其他地理种群相近, 但绝对繁殖力和相对繁殖力明显偏小。

关键词: 锦江; 翘嘴鲌; 繁殖生物学

中图分类号: Q958 **文献标识码:** A **文章编号:** 0250-3263 (2017) 02-263-08

Reproductive Biology of Topmouth Culter (*Culter alburnus*) in Jinjiang River

LI Zhong-Li^① RAN Hui^① YANG Ma^② LUO Peng^①

① College of Agroforestry Engineering and Planning, Tongren University, Tongren 554300; ② Chengdu Academy of Agriculture and Forestry Sciences, Chengdu 611130, China

Abstract: Topmouth Culter (*Culter alburnus*) is an usual economic fish which distributed in most of the rivers in China. Because of the destructive fishing and environmental pollution, the population was significantly reduced. In order to study the present resource status of spawning population in the upper Yangtze River, 374 samples were collected in the Jinjiang River during January to December in 2015. The body length, body weight, net weight and ovary weight were measured. And then the body was dissected to pick out the vertebrae for age identification, the gonadosomatic index were calculated. The results showed that the reproductive periods of this fish species frequently occurred in June and July. The age distribution of reproductive population were between 3 and 6, the body length ranged from 250 to 537 mm, and the body weight ranged from 184.9 to 2 587.5 g. Sex ratio was 1.14 : 1 (Table 1). There were significant differences between males and females, which expressed physically on cloacal orifice and the swelling degree of

基金项目 贵州省科技厅联合基金项目 (黔科合 LH 字[2014]7482), 贵州省普通高等学校工程中心建设项目 (黔教合 KY[2012]028 号);

第一作者简介 李忠利, 男, 副教授; 研究方向: 鱼类生态学; E-mail: lzl1982505@163.com。

收稿日期: 2016-06-29, 修回日期: 2016-10-08 DOI: 10.13859/j.cjz.201702010

abdomen, and also by the body length to body weight equation ($0.01 < P < 0.05$, Fig. 1). The Logistic equation was used to calculate the characteristics of the first maturity: the body length and weight of females were 273 mm, 192.0 g and 4.2-year-old, while the males were 311 mm, 249.4 g and 3.4-year-old (Fig. 2). Absolute fecundity of matured females was from 25 067 to 54 274, and relative fecundity ranged from 24.2 to 36.9 per gram in weight, of which the average egg diameter was 1.1 ± 0.3 mm. Annual changes of gonadosomatic index of the female and male groups were consistent, and the line chart increased from January to May, escalated obviously in June and reached the peak in July, but decreased rapidly in August, and then tended to be steady from September to December (Fig. 3). The egg diameter distribution of mature ovary had two distinct peak curves, which indicated the female spawns in batches (Fig. 4). Contrary to the reproductive population of fish in other rivers, the population in Jinjiang had the same reproductive periods but with a lower absolute fecundity and relative fecundity. The fecundity, egg diameter, reproductive periods and sexual diversity from different geographical populations were analyzed, and some protection strategies should be reinforced.

Key words: Jinjiang River; Topmouth Culter, *Culter alburnus*; Reproductive biology

翘嘴鲌 (*Culter alburnus*) 隶属于鲤形目 (Cypriniformes) 鲤科 (Cyprinidae) 鲌亚科 (Cultrinae) 鲌属, 在我国各大水系都有分布 (伍献文 1979, 陈宜瑜 1998)。该种鱼肉质细嫩、味道鲜美, 深受老百姓青睐。有关该鱼的研究, 当前集中在生物学、养殖、营养和分子水平上, 对其野生群体繁殖生物学特征的研究, 已有太湖、巢湖和徐家河水库等种群的相关资料, 而有关长江中上游河流的资源目前未见报道 (许品诚 1984, 姚闻卿等 1987, 覃亮 2009, Liu et al. 2015, Zhang et al. 2016)。

锦江属于沅江水系上游的辰水支流, 发源于梵净山国家级自然保护区。作为鱼类资源多样性的典型代表, 翘嘴鲌在该河流主要分布于干支流及附属湖泊、水库, 该鱼游动迅速, 属肉食性鱼类, 主要捕食小型鱼类、虾、蚌等 (伍律 1989, 乐佩琦等 1996)。当前受环境污染、过度捕捞等因素的影响, 该鱼的野生资源量已明显减少。本研究对长江中游二级支流锦江河特有鱼类国家级水产种质资源保护区翘嘴鲌的繁殖生物学特征进行了研究, 旨在丰富梵净山鱼类的基础研究资料, 为合理保护和开发翘嘴鲌资源提供生物学数据。

1 材料与方 法

1.1 标本的采集与处理

2015 年 1 月至 2015 年 12 月, 通过向渔民购买、刺网捕捞等方式在锦江河段 ($27^{\circ}71' \sim 27^{\circ}76'N$, $109^{\circ}10' \sim 109^{\circ}43'E$) 采集翘嘴鲌新鲜标本 374 尾, 其中, 向渔民购买 251 尾, 刺网捕捞 123 尾。测量常规生物学数据, 体重、空壳重和性腺重用 JY1002 电子天平称量 (上海浦春计量仪器有限公司, 精确到 0.1 g), 体长用卷尺测量 (精确到 1 mm)。取鱼体前端第 5~7 枚脊椎骨作为年龄鉴定材料, 在沸水中煮沸 30 s, 去掉表面杂物后在 OPTEC DV320 显微照相系统下判别年龄。观察解剖获得的性腺材料, 参照殷名称 (1995) 的方法进行性腺发育分期。

1.2 研究方法

1.2.1 初次性成熟体长、体重和年龄 初次性成熟体长参照丁城志等 (2010) 和刘明典等 (2015) 的方法, 以 50% 个体达到性成熟时的体长作为该鱼的初次性成熟体长 (L_{50})。即分别将采集的雌、雄性成熟个体数和总个体数按 20 mm 的体长区间进行统计, 用 Logistic 方程 $P_L = 100 / [1 + e^{-(a+bL)}]$ 拟合, 再计算初次性成熟体长 $L_{50} = -a/b$, 式中, P_L 为某体长区间性成

熟个体所占的百分比， L 为该体长区间的体长中值， a 和 b 为常数。初次性成熟体根据体长 (L) - 体重 (W) 关系式 $W = cL^d$ 推算，其中 c 、 d 为常数。初次性成熟年龄的计算参照初次性成熟体长的方法逐龄统计，计算公式为： $P_T = 100 / [1 + e^{-(m+nT)}]$ ， $T_{50} = -m/n$ ，其中 P_T 为某年龄区间性成熟个体所占的百分比， T 为该年龄区间的年龄中值， m 和 n 为常数。

1.2.2 繁殖期 取肉眼能区分雌雄个体的性腺，称取性腺重量、鱼体空壳重量，计算成熟系数 $I_{GS} = (W_g / W_0) 100\%$ ，其中， W_g 为性腺重 (g)， W_0 为鱼体空壳重 (g)，通过性腺的周年变化趋势来确定该鱼的繁殖期。

1.2.3 繁殖力 繁殖力参照殷名称 (1995) 的方法，取 IV 期卵巢作为研究对象，每尾鱼在卵巢前、中、后三部分，分别称取 0.5 ~ 1.0 g，统计所有存在卵黄沉积的卵粒数目，求得性腺单位重量的卵粒数，再换算得到该鱼的怀卵量，计算繁殖力。绝对繁殖力 F (粒) = (样本卵粒数 / 样本卵巢重) × 卵巢重；相对繁殖力 F_w (粒/g) = F / W ，肥满度 $K = (W / L^3) \times 100$ ，其中 W 为鱼体体重 (g)， L 为鱼体体长 (cm)。

1.2.4 产卵类型 采用卵径分布频率法判定产卵类型，选择性腺发育至 IV 期的雌鱼卵巢，用 5% 中性福尔马林固定 24 h 后，在 OPTEC DV320 显微照相系统下拍照，用系统自带测量软件测量卵粒直径 (精确到 0.1 mm)，作频率分布图。

1.3 数据整理及处理

用 Excel 2013 对原始数据进行整理，用 SPSS 17.0 对数据进行相关统计分析并作图，同一年龄组的雌雄群体体长、体重平均值差异用 T 检验来分析，雌雄群体曲线关系通过协方差分析 (ANCOVA) 来比较，雌雄性比用卡方检验来检测是否符合 1 : 1 比例。

2 结果与分析

共采集标本 374 尾，体长 94 ~ 537 mm，平均 (224 ± 77) mm，体重 22.2 ~ 2 587.5 g，

平均 (168.4 ± 280.2) g，年龄分布在 1⁺ 龄到 6⁺ 龄。其中，能区分雌雄的个体数 273 尾，包括雌性 109 尾，雄性 164 尾；性腺发育达到 IV 期及以上个体 105 尾，占标本总数的 28.1%，其中，雌性 56 尾，雄性 49 尾。

2.1 繁殖群体特征

2.1.1 年龄分布和生长参数 通过脊椎骨鉴定了 105 尾 IV 期及以上的性成熟个体，年龄及体长体重分布情况见表 1。

繁殖群体年龄在 3⁺ 龄至 6⁺ 龄之间，体长 250 ~ 537 mm，平均 (345 ± 82) mm，体重 184.9 ~ 2 587.5 g，平均 (537.0 ± 528.3) g。其中，性成熟最小个体，雌鱼体长 327 mm，体重 354.7 g，成熟系数 4.35%，性腺 IV 期，4⁺ 龄；雄鱼体长 250 mm，体重 184.9 g，成熟系数 0.21%，性腺 IV 期，3⁺ 龄。各年龄组的雌、雄鱼之间比较，体长、体重都存在极显著差异 ($P < 0.01$)。

2.1.2 生长特征 对能区分雌雄的 273 尾翘嘴鲌分别作体长-体重关系曲线 (图 1)，拟合关系式如下：群体 $W = 0.0000014L^{3.3453}$ ($R^2 = 0.8838$, $n = 273$)，雌性 $W = 0.000000054L^{3.877}$ ($R^2 = 0.9162$, $n = 109$)，雄性 $W = 0.0000021L^{3.2679}$ ($R^2 = 0.9873$, $n = 164$)。将雌雄群体曲线关系进行协方差分析 (ANCOVA)， $F = 6.62$, $P = 0.012$ ，说明雌雄繁殖群体存在显著性差异 ($0.01 < P < 0.05$)。

2.1.3 副性征和性比 在非繁殖季节，雌雄个体外部形态差异不显著。在繁殖季节，雌雄个体无珠星出现，体表差别主要体现泄殖孔和腹部膨胀程度，雌鱼泄殖孔外凸，而雄鱼内凹；雌鱼腹部相对膨胀，而雄鱼平缓。轻压成熟度好的雌雄个体腹部有卵子或精液流出。

105 尾性成熟个体中，雌性 56 尾，雄性 49 尾，雌雄性比 1.14 : 1，卡方检验繁殖群体雌雄比例符合 1 : 1 分布规律 ($\chi^2 = 0.467$, $P > 0.05$)。雌鱼肥满度 1.03% ± 0.02%，雄鱼肥满度 1.01% ± 0.01%，二者差异不显著 ($T = 0.49$, $P > 0.05$)。

2.1.4 初次性成熟个体 采用 Logistic 方程拟合了繁殖群体各体长区间、各年龄组的性成熟

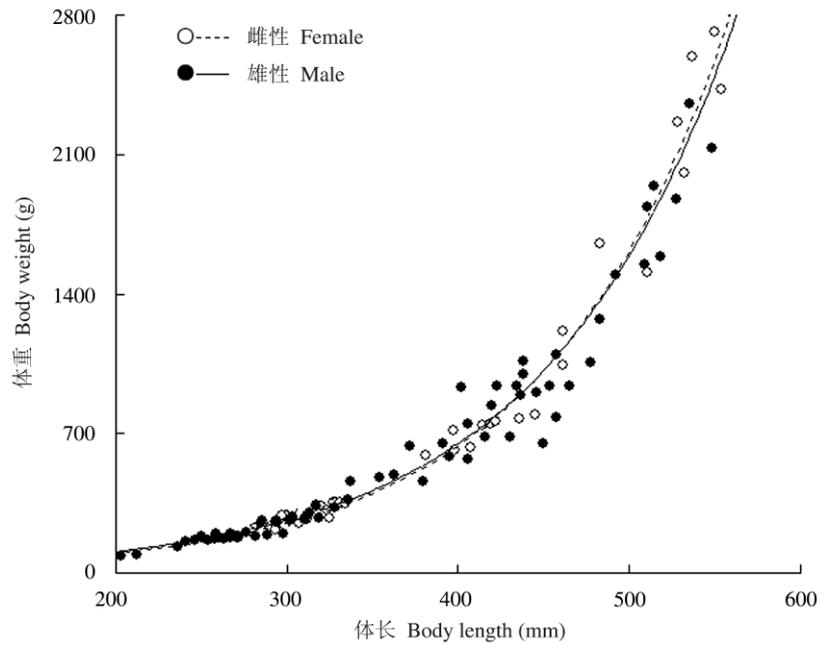


图 1 翘嘴鲌繁殖群体的体长体重关系

Fig. 1 Relationships between body length and body weight of spawning population of Topmouth Culter

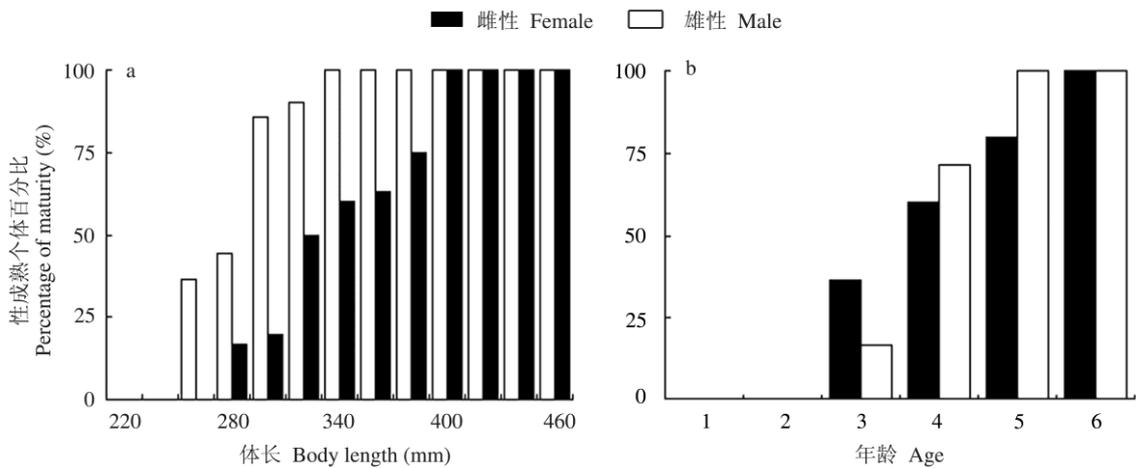


图 2 翘嘴鲌成熟群体的体长 (a) 和年龄 (b) 分布

Fig. 2 The distribution of body length (a) and age (b) of reproductive populations

比例图 (图 2), 得到方程如下: 雄性 $P_L = 100 / [1 + e^{(1.8859 - 0.0069L)}]$ ($R^2 = 0.9036$), $P_T = 100 / [1 + e^{(0.05201 - 0.015517T)}]$ ($R^2 = 0.7886$); 雌性: $P_L = 100 / [1 + e^{(2.0839 - 0.0067L)}]$ ($R^2 = 0.8044$), $P_T = 100 / [1 + e^{(0.07228 - 0.017157T)}]$ ($R^2 = 0.8687$)。推算得到雄性初次性成熟体长为 273 mm, 体重 192.0 g, 年龄 3.4 龄; 雌性初次性成熟体长为 311 mm,

体重 249.4 g, 年龄 4.2 龄。

2.1.5 繁殖力 对 56 尾 IV 期和 V 期雌鱼卵巢的繁殖力进行了统计, 年龄 4⁺ ~ 6⁺ 龄, 体长 327 ~ 537 mm, 平均 (414 ± 62) mm, 体重 354.7 ~ 2 587.5 g, 平均 (882.1 ± 628.8) g。绝对繁殖力 25 067 ~ 54 274 粒, 平均 (40 301 ± 7 792) 粒, 相对繁殖力 24.2 ~ 36.9 粒/g, 平均 (32.1 ±

6.1) 粒/g。

2.2 性成熟系数

雌鱼和雄鱼成熟系数周年变化基本相似，曲线都只有一个峰值，即 1~5 月逐渐上升，6 月上升明显，7 月出现最大峰值，8 月骤降，9~12 月逐渐减小，并趋于平缓（图 3）。以此推断锦江翘嘴鲌的繁殖期在 6~7 月份。

2.3 卵的特征和卵径分布

卵子在发育成熟的过程中，颜色由浅黄色变为黄绿色，吸水膨胀后卵周隙小，卵沉性，黏性。测量了雌性性腺发育至IV期的卵子卵径（图 4），卵径平均 (1.1 ± 0.3) mm，卵径大小出现了两个明显的峰值，第一峰值 1.2 ~ 1.4 mm，卵粒数占 29.1%，卵黄绿色，透明，为成熟卵子；第二峰卵径 0.6 ~ 0.8 mm，卵粒数占总卵粒数的 36.4%，卵浅黄色，略透明，有卵黄沉积。结果提示锦江翘嘴鲌属于分批产卵类型。

3 讨论

3.1 翘嘴鲌的繁殖力和卵径

鱼类的繁殖力和卵径受自身遗传和外界环境的共同影响，是自然选择的结果，体现了鱼类在长期进化过程中对环境的适应。为了保证后代的质和量，每种鱼都会形成自身特有的适应环境的繁殖特性。而繁殖力作为主要特性之一，具有种属的特性（殷名称 1995）。翘嘴鲌的卵体积小，但胚胎发育时间较快，在 25 ~ 29℃ 下从受精卵到孵化出膜耗时 22 h，通过缩短孵化时间来减小对卵的要求（姚闻卿等 1987）。另一方面卵粒数多，在相对数量上增大了子代存活的几率，保证了种群后代的延续，体现了翘嘴鲌对环境变化作出的补偿性适应。

卵径分布图中，锦江翘嘴鲌卵径第一峰值集中在 1.2 ~ 1.4 mm，略高于巢湖（姚闻卿等 1987）、徐家河水库（覃亮 2009）的性成熟个体；而在采集到的样本中，绝对繁殖力也都在 5.5 万粒以下，普遍低于巢湖和徐家河水库的相关报道（姚闻卿等 1987，覃亮 2009），这可能与不同地理种群的个体差异有关（表 2）。

3.2 翘嘴鲌的繁殖期和雌雄差异

对于繁殖群体而言，根据雌雄个体成熟系

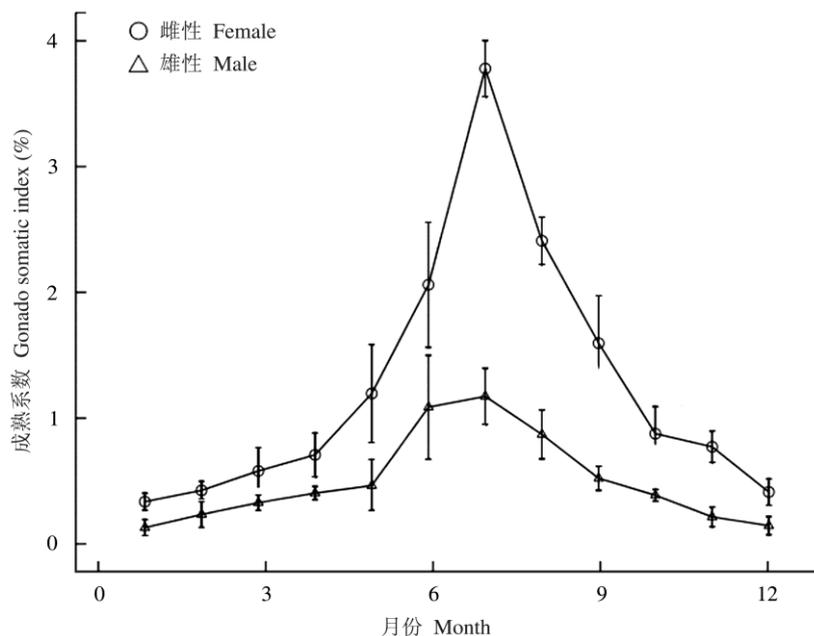


图 3 繁殖群体性成熟系数的周年变化

Fig. 3 Annual changes of gonado somatic index of reproductive population

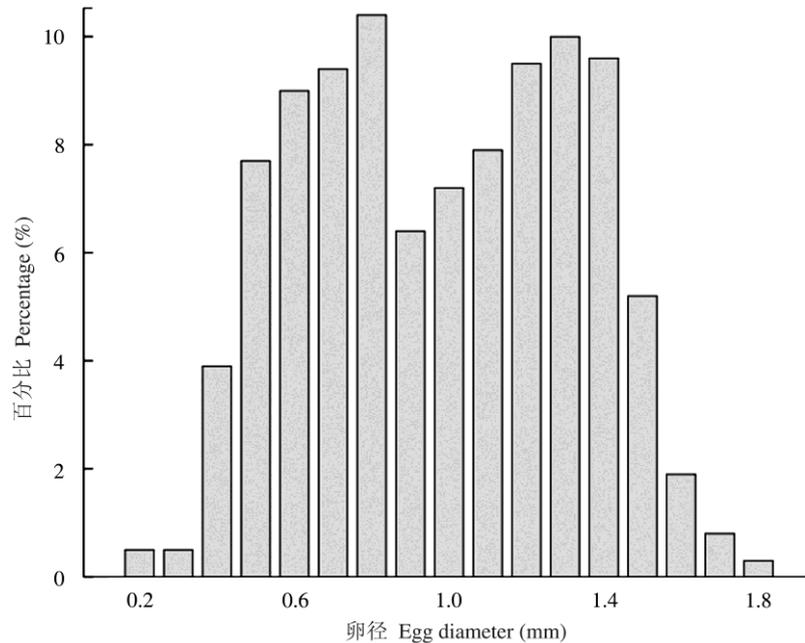


图 4 翘嘴鲌的卵径分布

Fig. 4 The distribution of egg diameter of Topmouth Culter

数的变化曲线图,判断该鱼的繁殖期在 6 ~ 7 月,从实际采集的样本来看,6 月份采集的 IV 期及以上个体占 22.2% (共采集 36 尾),7 月份占 68.6% (共采集 35 尾),而 8 月份未采集到性成熟个体,通过性成熟个体数的月份统计推断繁殖期在 6 ~ 7 月,结果与成熟系数的推断基本吻合。与该鱼其他种群相比,巢湖种群的产卵期在 6 月下半月至 7 月上半月(姚闻卿等 1987),而徐家河水库种群的繁殖盛期在 5 ~ 6 月(覃亮 2009),锦江种群的产卵期与巢湖种群相近,略晚于徐家河水库种群。

在同龄鱼中,雄性性成熟个体的平均体长、体重均小于雌性,存在一定的个体差异,雌性优势能够有效地维持和提高后代种群数量(殷名称 1995)。而与太湖、巢湖最小性成熟个体相比,锦江翘嘴鲌雌鱼最小体长、体重、年龄都偏大,且年龄在 4 龄以上;而雄鱼最小体长、体重差别不大,年龄也都在 3 龄,说明锦江种群雌性个体生长相对缓慢,性成熟年龄延迟(许品诚 1984,姚闻卿等 1987)。姚闻卿等(1987)认为水温的高低、饵料的丰歉和生长的快慢等是主要影响因素,结合本研究的肠道观察,109

表 2 不同地理种群翘嘴鲌繁殖特征的比较

Table 2 Comparison of reproductive characteristics from different populations of Topmouth Culter

种群 Populations	卵径 (mm) Egg diameter	绝对繁殖力 (万粒) Absolute fecundity	相对繁殖力 (粒/g) Relative fecundity	参考文献 Reference
巢湖 Chaohu lake	1.0 ~ 1.3	5.2 ~ 82.1	—	姚闻卿等 1987
徐家河水库 Xujiahe reservoir	1.1 ~ 1.3	10 ~ 35	225 ~ 265	覃亮 2009
锦江 Jinjiang river	1.2 ~ 1.4	2.5 ~ 5.4	24.2 ~ 36.9	本研究

尾雌鱼样本中摄食的个体占 74.3%，食物主要为小鱼、小虾和淡水壳菜等；而水温的调查发现，测量的周年平均水温 (16 ± 1) °C，低于姚闻卿等 (1987) 报道的繁殖期水温 (24 ~ 27°C)，推测锦江翘嘴鲌雌鱼生长的缓慢可能与水温有关。

3.3 翘嘴鲌资源的现状与保护

翘嘴鲌是锦江典型的经济鱼类，通过走访渔民的结果，锦江翘嘴鲌平时在干流开阔水域生活，到繁殖季节一般溯河到支流产卵，采集的标本也体现了这一点，所有繁殖群体的标本均采集于锦江支流九龙洞、马岩、漾头等地，溯河产卵的特性与巢湖、徐家河水库种群相近 (姚闻卿等 1987, 覃亮 2009)。当前高龄鱼即繁殖群体的数量已明显减少，整个翘嘴鲌的资源量也在锐减。究其原因，一方面过度捕捞造成包括翘嘴鲌在内的锦江鱼类资源明显减少，出现小型化、低龄化特征；另一方面是对产卵群体的过度捕捞，使得翘嘴鲌种群资源受到严重的破坏。

黄小彧 (2012) 以线粒体控制区基因为分子标记发现长江水系不同水域的翘嘴鲌出现了一定程度的遗传分化，形成了一些地方性种群。锦江隶属沅江水系，是长江二级支流，近年来相关水利水电工程的建设，使得锦江水流趋于平缓，饵料生物相对丰富，形成了适宜翘嘴鲌生长的环境，但是水环境污染、酷渔滥捕等因素造成了该河流翘嘴鲌资源的明显减少。要增加锦江翘嘴鲌的资源量，保护产卵群体是一项重要的举措，结合分析所得数据，该水域翘嘴鲌的繁殖期集中在 6 ~ 7 月，推算的雌性和雄性初次性成熟体长分别为 311 mm 和 273 mm，而繁殖个体的采集点多聚集在支流，建议采取限制捕捞规格，设立禁渔期和禁渔区等措施对其进行保护。其次，应对野生种群进行合理的人

工增殖放流，增加补充群体的资源量，切实保护锦江翘嘴鲌的种质资源。

参 考 文 献

- Liu S L, Gu Z M, Zhao J L, et al. 2015. Characterization of microsatellites and repetitive flanking sequences (ReFS) from the topmouth culter (*Culter alburnus* Basilewsky). *Biochemical Systematics & Ecology*, 63(5): 127–135.
- Zhang Y L, Song L, Liu R P, et al. 2016. Effects of dietary protein and lipid levels on growth, body composition and flesh quality of juvenile topmouth culter, *Culter alburnus* Basilewsky. *Aquaculture Research*, 47(8): 2633–2641.
- 陈宜瑜. 1998. 中国动物志: 硬骨鱼纲 鲤形目 (中卷). 北京: 科学出版社, 185–188.
- 丁城志, 陈毅峰, 何德奎, 等. 2010. 雅鲁藏布江黑斑原鲢繁殖生物学研究. *水生生物学报*, 34(4): 762–768.
- 黄小彧. 2012. 长江水系翘嘴鲌遗传多样性研究. 广州: 暨南大学硕士学位论文, 20–50.
- 刘明典, 黄福江, 朱佳志, 等. 2015. 大鳞裂峡鲃繁殖生物学特征. *动物学杂志*, 50(3): 405–414.
- 覃亮. 2009. 徐家河水库翘嘴鲌年龄与生长和繁殖生物学研究. 武汉: 华中农业大学硕士学位论文, 25–43.
- 伍律. 1989. 贵州鱼类志. 贵阳: 贵州人民出版社, 57–60.
- 伍献文, 杨干荣, 乐佩琦, 等. 1979. 中国经济动物志: 淡水鱼类. 北京: 科学出版社, 57–64.
- 许品诚. 1984. 太湖翘嘴红鲌的生物学及其增殖问题的探讨. *水产学报*, 8(4): 275–286.
- 姚闻卿, 胡菊英, 吴先成. 1987. 巢湖翘嘴红鲌的繁殖. *水产学报*, 11(2): 101–109.
- 殷名称. 1995. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 110–112, 121–127.
- 乐佩琦, 罗云林. 1996. 鲌亚科鱼类系统发育初探 (鲤形目: 鲤科). *水生生物学报*, 20(2): 182–185.